

1 INTRODUCTION

Cette thèse porte sur **la détermination des bases permettant la gestion de l'eau potable des villes de La Paz et El Alto en Bolivie** :

Notre objectif est de déterminer les bases permettant l'application de la GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau) en tenant compte aussi bien ses concepts guide, que des contextes et des particularités du cas analysé.

Dans le cadre de cette thèse, les bases de l'application de la GIRE ont comme origine l'analyse des enjeux de la gestion de l'eau et des variables dont elle dépend principalement.

On utilise l'analyse des variables qui jouent un rôle dans la gestion de l'eau comme un outil pour arriver à déterminer les bases évoquées ci-dessus. Néanmoins l'étude faite sur ces variables, se limite à un niveau tel qu'elle puisse fournir l'information minimale nécessaire permettant de mettre en route la GIRE pour les villes de La Paz et El Alto.

Une recherche approfondie de chaque variable jouant un rôle dans la gestion de l'eau n'est pas l'objectif de cette thèse.

Cette thèse est une recherche de type appliquée, qui cherche à donner des réponses aux problèmes de pénurie d'eau envisageables à La Paz et El Alto et à fournir quelques recommandations techniques pour la gestion de l'eau.

1.1 De l'eau

La signification de ce mot de 3 lettres en langue française (en espagnol AGUA, en anglais WATER) est très vaste et fondamentale pour la vie de l'être humain et sa subsistance du fait qu'elle conditionne à plusieurs reprises son mode de vie. L'influence de l'eau va au-delà de l'individu, elle agit sur sa société, sa communauté et son pays.

Pour l'être humain, la question de l'eau est, à la fois vitale et commune dans sa vie quotidienne. En effet, l'impact que cet élément a dans son existence se manifeste à travers les activités élémentaires et basiques de subsistance quotidienne, ainsi que dans d'autres domaines à grande échelle tels que les définitions de frontières internationales ou régionales. Le problème de l'eau définit des stratégies d'emplacement des communautés ou des positionnements diplomatiques d'un pays déterminé par rapport aux intérêts stratégiques de sa région.

L'eau peut être synonyme de développement ou de déclin. Elle représente à la fois un bienfait et une misère. Elle peut définir la vision stratégique d'un secteur déterminé de la population, d'une région ou d'un pays. Selon quelques auteurs, l'eau est synonyme de bien-être ou de conflit. (Lasserre F. 2007; WBGU 2007)

L'importance de l'eau est indiscutable. Il existe beaucoup de littérature sur ce thème. Il est intéressant de remarquer que l'eau s'avère unanimement reconnue dans toutes les définitions de vision stratégique de développement au niveau mondial. A ce sujet, on peut relever les faits suivants :

En 1977, la conférence de Mar del Plata lance le débat sur les enjeux de l'eau et propose l'organisation d'une décennie de l'eau (1980-1990) (Burton J. 2001). En 1992 à Dublin, rédaction de la déclaration des principes fondamentaux de l'eau et de son usage durable.

Principe 1 : 'L'eau douce - ressource fragile et non renouvelable - est indispensable à la vie, au développement et à l'environnement'

Principe 2 : 'La gestion et la mise en valeur des ressources en eau doivent associer usagers, planificateurs et décideurs à tous les échelons'

Principe 3 : 'Les femmes jouent un rôle essentiel dans l'approvisionnement, la gestion et la préservation de l'eau'

Principe 4 : 'L'eau, utilisée à de multiples fins, a une valeur économique et devrait donc être reconnue comme bien économique.'

Déclaration de Dublin, Principes directeurs, 1992, in (Burton J. 2001; IRC 2006)

Pour montrer l'importance que le monde accorde à la thématique de l'eau et à son usage stratégique, nous avons listé, dans le Tableau 1.1, les sommets et les « dates de repère » où ce thème fut abordé. Il faut remarquer que, bien que certaines de ces réunions, forums ou conférences, n'avaient pas l'eau comme sujet central, leurs conclusions et les déclarations stratégiques reconnaissent son importance pour le développement humain. D'une façon similaire, **elles identifient la gestion de l'eau comme la voie pour atteindre les buts projetés** dans leurs programmes et leurs rapports.

1.2 Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE)

Pendant les années 70, l'être humain a commencé à prendre conscience de l'importance des ressources naturelles et de leurs préservations¹ (Tableau 1.1). En 1972, à Stockholm, on souligne la nécessité de préserver les ressources naturelles et l'eau est présentée comme une ressource fondamentale.

Quelques années plus tard, la notion de gestion évolue bien que l'on ne détermine pas le moment précis où le concept de nécessité de gestion de l'eau pour le développement est apparu avec une vision de type holistique. On constate que, déjà en 1992, le sujet est traité officiellement dans la Déclaration de Dublin (*voir Principe No 2*). A partir de ce moment-là, on commence à suggérer un concept plus élargi, celui de la GIRE (Gestion Intégrée des Ressources en Eau) (*IRC 2006*) ou GIRH (Gestión Integral de Recursos Hídricos) ou IWRM (Integrated Water Resources Management)².

Ce concept recouvre plusieurs définitions qui sont proches les unes des autres :

La GIRE est un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux. (Partenariat Mondial de l'Eau 2000 in IRC 2006)

La GIRE est un processus d'attribution de fonctions à des systèmes d'eau, l'établissement de normes, la mise en vigueur (surveillance) et la gestion. Elle comprend la collecte de données, l'analyse de processus physiques et socioéconomiques, la considération des différents intérêts et la prise de décisions par rapport à la disponibilité, l'exploitation et l'usage des ressources en eau. (Hofwegen et Jaspers 1999 in IRC 2006)

La GIRE est une question de planification et de gestion coordonnées des terres, de l'eau et d'autres ressources naturelles en vue de leur utilisation équitable, efficace et durable (Calder 1999 in IRC 2006)

La GIRE exprime l'idée que les ressources en eau devraient être gérées de façon holistique, en coordonnant et en intégrant tous les aspects et les fonctions du prélèvement de l'eau, de la surveillance de l'eau et de la fourniture des services liés à l'eau, afin que ceux qui dépendent des ressources en profitent durablement et équitablement. (CE 1998 in IRC 2006)

La GIRE est un processus permettant de passer d'un état présent à un état meilleur envisageable dans le futur, en appliquant des principes ou des bonnes pratiques de gestion de l'eau convenues en commun, avec la participation de toutes les parties prenantes. (IRC 2006)

¹ Les ressources naturelles, du point de vue durable, et pas seulement en tant que bien économique.

² On insiste sur les traductions correctes de la GIRE, à des fins pratiques de références bibliographiques.

Tableau 1.1 : « Dates de repère » de la vision stratégique de l'eau

Dates	Événements	Résultats
1972	Conférence des Nations Unies sur l'Environnement, Stockholm Préserver et enrichir l'environnement	Déclaration de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement
1977	Conférence des Nations Unies sur l'Eau, Mar del Plata Evaluation et utilisation des ressources en eau	Plan d'action de Mar del Plata
1990	Consultation mondiale sur l'approvisionnement en eau et l'assainissement pour les années 90, New Delhi Eau potable, hygiène environnementale	Déclaration de New Delhi : 'Un peu pour tous vaut mieux que beaucoup pour peu de monde.'
	Sommet Mondial pour les enfants, New York Santé, approvisionnement en alimentation	Déclaration mondiale pour la survie, le développement et la protection des enfants.
1992	Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Sommet Planète Terre), Rio de Janeiro Coopération, économie et eau, participation, eau potable et assainissement, établissements humains, développement durable, production alimentaire, changements climatiques	Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement - Action 21
	Conférence internationale sur l'eau et l'environnement, Dublin La valeur économique de l'eau, les femmes, la pauvreté, la résolution de conflits, les désastres naturels, la prise de conscience	Déclaration de Dublin sur l'eau dans la perspective d'un développement durable
1994	Conférence internationale des Nations Unies sur la population et le développement, Le Caire	Programme d'action
	Conférence ministérielle sur l'eau potable et l'assainissement, Noordwijk Approvisionnement en eau potable et assainissement	Programme d'action
1995	4e Conférence mondiale des Nations Unies sur les femmes, Beijing Les femmes, l'approvisionnement en eau et assainissement	Déclaration de Beijing et plate-forme d'action
	Sommet mondial pour le développement social, Copenhague Pauvreté, approvisionnement en eau et assainissement	Déclaration de Copenhague sur le développement social
1996	Sommet mondial de l'alimentation, Rome Alimentation, santé, eau et assainissement	Déclaration de Rome sur la sécurité alimentaire mondiale
	Conférence des Nations Unies sur les établissements humains (Habitat II), Istanbul Développement d'établissement humains durables dans un monde qui s'urbanise	Le programme pour l'Habitat
1997	1er Forum mondial de l'eau, Marrakech Eau et assainissement, gestion des eaux partagées, conservation des écosystèmes, égalité des sexes, utilisation efficace de l'eau	Déclaration de Marrakech
2000	2e Forum mondial de l'eau, La Haye L'eau pour les hommes, l'eau pour l'alimentation, l'eau et la nature, l'eau dans les rivières, la souveraineté, éducation sur le partage des eaux entre bassins	Vision mondiale de l'eau : l'affaire de tous
2001	Conférence internationale sur l'eau douce, Bonn L'eau clef du développement durable, gouvernance, mobilisation des ressources financières, renforcement des capacités, partage des connaissances	Déclaration ministérielle Recommandations concernant les mesures à prendre
2002	Sommet mondial sur le développement durable, Rio +10, Johannesburg Élimination de la pauvreté, assainissement, énergie, financement, gestion intégrée des ressources en eau, Afrique	Plan d'application
2003	3ème Forum mondial de l'eau, Japon Gouvernance, gestion intégrée des ressources en eau, genre, pauvreté, financements, coopération, développement des capacités, efficacité de l'utilisation de l'eau, prévention de la pollution des eaux, réduction des désastres	Déclaration ministérielle 1ère édition du Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau.
2006	4ème Forum mondial de l'eau, Mexico	Déclaration ministérielle L'eau pour la croissance et le développement, implémenter la Gestion Intégrée des Ressources en Eau (GIRE), l'approvisionnement en eau et l'assainissement pour tous, la gestion de l'eau pour la nourriture et l'environnement, la gestion des risques, la responsabilité des gouvernements, l'augmentation des engagements financiers. 2ème édition du Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau
2009	Istanbul : 5ème Forum mondial de l'eau, Istanbul	Déclaration ministérielle 3ème édition du Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau

(IRC 2006;UNESCO 2009)

En général, on considère que la GIRE peut jouer un rôle fondamental, non seulement dans la planification de l'utilisation de l'eau, mais dans d'autres situations d'intérêt dans les affaires humaines comme la gestion de l'eau souterraine et superficielle, le règlement des conflits, la réduction de la pauvreté, la maîtrise de la pollution, la réduction des risques pour la santé (IRC 2006).

Par ailleurs, une analyse objective de la problématique de l'eau par rapport à sa gestion intégrée nous conduit à une autre perspective de la problématique de l'eau :

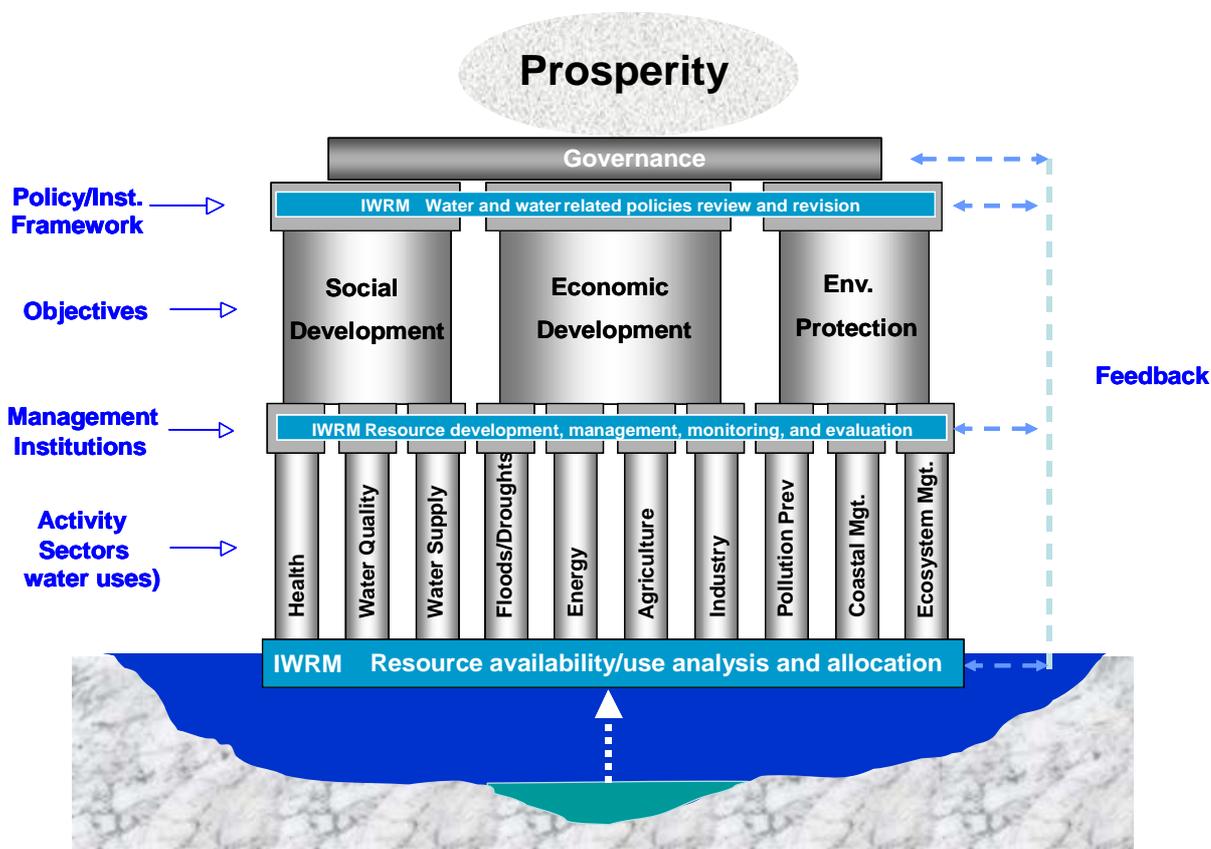
«Il existe aujourd'hui une crise de l'eau, mais cette crise n'est pas due à son insuffisance à satisfaire nos besoins ; elle résulte plutôt d'une si mauvaise gestion de cette ressource que des milliards de personnes – et l'environnement – en souffrent grandement.» (GMP 2000 in Burton J. 2001).

Cette affirmation est certainement valable de nos jours dans beaucoup de lieux du monde. De plus, on prévoit que la pénurie d'eau potentielle sera aggravée par la croissance de la population et par d'autres aspects comme les effets du changement climatique (IPCC 2007). Ainsi, on risque d'avoir à l'avenir un double problème de manque d'eau et de manque de planification de la ressource.

En résumé, la vision de la GIRE représente l'unification de critères de développement durable, social et économique, en recommandant de prendre en considération la totalité des acteurs. (Duran A. 2009)

En termes pragmatiques, la gestion peut être définie comme une voie de construction de la prospérité, à travers le bilan de l'utilisation de l'eau pour les différentes activités de la société, qui donne lieu à un développement social et économique équilibré dans un cadre durable, ce qui se traduit à son tour en une voie directe vers la prospérité à travers la gouvernance de la ressource. (Figure 1.1).

Figure 1.1 : Définition de la gestion de l'eau comme une voie pour le développement et le bien-être



(GMP 2006 in Duran A. 2009)

1.3 L'application de la GIRE dans cette thèse

Bien que la théorie de la GIRE se développe dans un cadre qui peut être qualifié de logique simple et concrète dans les actions à effectuer, et que sa mise en œuvre peut paraître facile, la mise en pratique peut être décourageante étant donné son échelle et la complexité des changements qui sont nécessaires pour la mettre en marche totalement. (IRC 2006). Toutefois, il est nécessaire d'observer aussi que chacun des changements effectués est une avancée dans un domaine et un concept qui est relativement nouveau dans le cadre mondial. (UNESCO 2006)

Si la GIRE est la solution pour la stratégie de l'eau, comment peut-on l'utiliser en Bolivie ? Comment l'appliquer dans ses villes et ses communautés ? Quelles sont les bases nécessaires pour son application ?

Le Global Water Partnership (GWP) offre un "toolbox" pour la mise en œuvre de la GIRE (GWP 2007) dans lequel, comme dans d'autres publications similaires ou manuels sur le sujet – voir celui de Burton (2001) – sont consignées comme premier pas de la gestion, l'évaluation des ressources hydriques, la connaissance de ces ressources et les nécessités spécifiques pour son application.

En nous penchant sur le cas de l'eau potable dans les villes de La Paz et d'El Alto, notre attention est attirée par une première question :

Connaissons-nous les ressources en eau à notre disposition, leurs projections et leurs vulnérabilités ?

Malheureusement, nous n'avons pas une connaissance réelle et actualisée du potentiel des ressources de certains bassins avec le détail nécessaire dont la GIRE a besoin, ni une planification stratégique de la ressource eau à une échelle régionale et locale. De même, on ne connaît pas l'influence de plusieurs variables qui influencent tant la disponibilité d'eau dans les bassins que la nécessité en eau de leurs habitants.

Il est nécessaire de rappeler que les échelles locales et régionales sont très importantes dans la pratique de la GIRE, puisque c'est à ce niveau que l'on trouve les véritables défis de la planification et les problèmes pratiques comme ceux qui sont traités dans l'étude de cas, sujet de cette thèse (Burton J. 2001;GWP 2007;IRC 2006).

Au début de cette étude (2007), le futur de la disponibilité en eau potable dans les villes de La Paz et El Alto était et demeure, de nos jours, un sujet préoccupant. On perçoit, en effet, un problème concernant la possibilité de rendre durable la ressource en eau des bassins de ces deux villes étant donné que les sources superficielles pourraient être affectées par le recul des glaciers dans la Cordillère des Andes.

En structurant cette recherche, nous avons observé que la GIRE pourrait être une bonne option pour déterminer la stratégie à suivre. Une étude des variables de la gestion de l'eau de ces deux villes est toutefois nécessaire pour pouvoir poser les bases de la mise en route de la GIRE.

Dans le cas particulier de cette recherche, la préoccupation concernant la gestion des ressources hydriques est apparue à la suite des conclusions des études de l'Institut français de Recherche pour le Développement (IRD) réalisées en collaboration avec l'Instituto de Hidráulica e Hidrología (IHH) de l'Universidad Mayor de San Andrés (UMSA). Ces investigations révélaient le problème de la disponibilité future des ressources en eau pour les villes de La Paz et El Alto (Ramírez E. & C. Olmos 2007).

L'IRD et l'IHH travaillent en collaboration depuis 1991 en territoire bolivien sur le recul des glaciers tropicaux dans cette partie du monde. Le programme défini par les chercheurs français et nommé "Glaciers et Ressources en Eau d'Altitude, Indicateurs Climatologiques et Environnementaux" (GREATICE) s'étend aux pays voisins, le Pérou, l'Equateur et l'Argentine et constitue le premier apport à caractère scientifique, basé sur une série d'observations continues dans cette partie de la planète (Ribstein P. 2003).

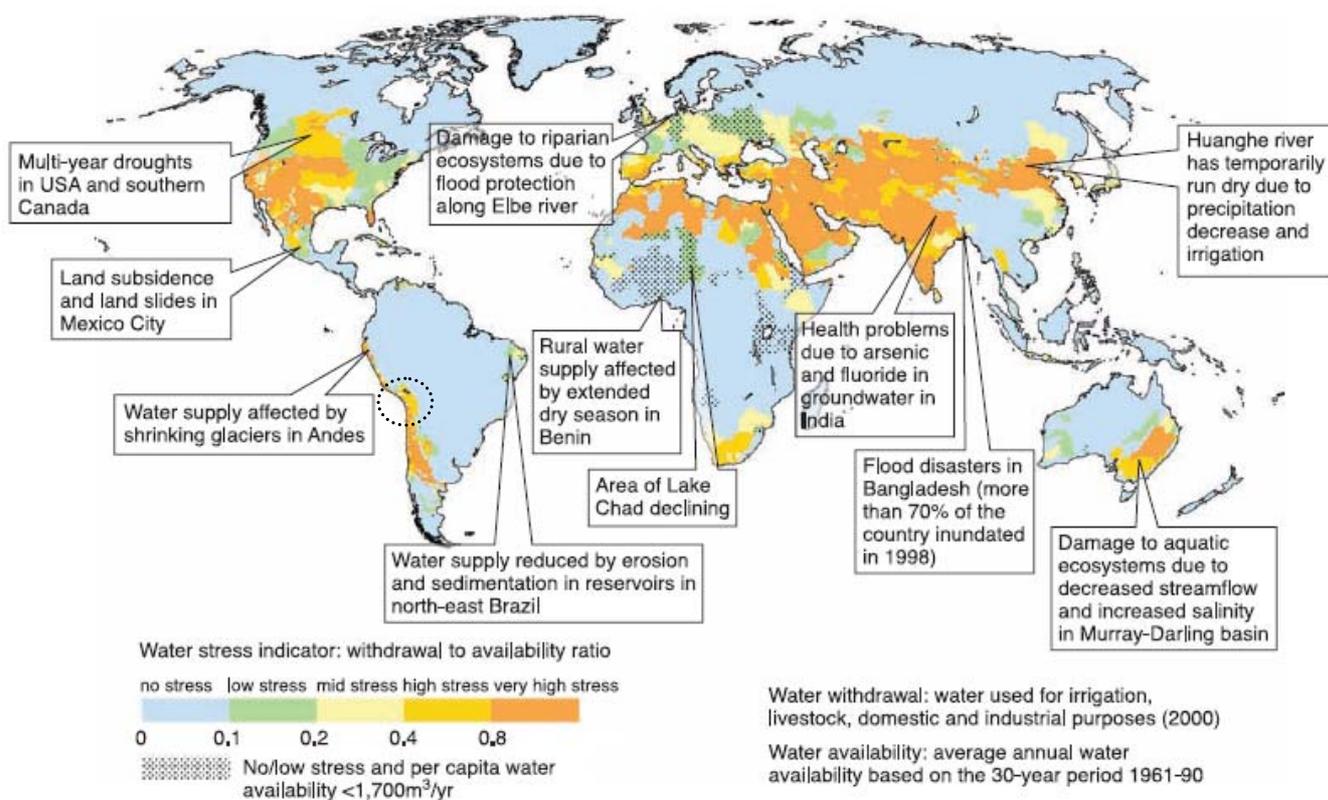
Durant l'année 2006, une équipe appartenant au groupe de travail IRD-IHH a mené une recherche de prospection et de diagnostic sur les bassins de Tuni et Condoriri et sur les ressources hydriques de la ville d'El Alto (Ramírez E. & C. Olmos 2007). Elle en a conclu que, à partir de l'année 2009, il pourrait exister un déséquilibre entre l'offre des bassins sources et la demande en eau potable de la ville d'El Alto. Elle a également estimé la disparition possible des glaciers Tuni et Condoriri, pour les années 2025 et 2045 respectivement.

Dans ce travail, ces deux glaciers ont été les principaux sujets d'analyse par rapport aux apports en eau d'origine glaciaire pour ces bassins, malgré le fait qu'il existe d'autres glaciers sur les mêmes bassins, qui comptent une surface plus importante (voir Tableau 1.3).

Suite à l'hypothèse d'un retrait des glaciers Tuni et Condoriri, une recherche préliminaire a été réalisée pour analyser comment et quand planifier la gestion de l'eau face à un tel scénario. Il est apparu que de nombreuses variables importantes n'avaient pas été prises en considération. Tous ces antécédents et la nécessité de mettre en relief les questions soulevées ont été les bases de recherche de cette thèse doctorale.

Sur un plan plus global, il existe également des mises en garde sur un scénario de stress hydrique qui pourrait se produire dans la région andine et spécialement dans les villes dont les bassins sources comprennent un manteau glacier (IPCC 2007). La Figure 1.2 montre que la zone correspondant à la localisation des villes de La Paz et d'El Alto est classée comme une région avec une forte probabilité de stress hydrique.

Figure 1.2 : Vulnérabilité entre les ressources en eau douce et leur gestion (Fig. 3.2 Rapport IPCC, 2007)



(IPCC 2007)

Les glaciers de Chacaltaya, Zongo et Charquini sont les principaux exemples cités dans ce le rapport de l'IPCC, dans son chapitre 13 en associant leur recul à une probable pénurie hydrique. Le glacier de Chacaltaya, qui est un des cas étudiés dans ce rapport, est devenu une icône des impacts du changement climatique aux latitudes proches de l'équateur.

Certaines des photos, prises par des chercheurs de l'équipe de GREATICE-IHH, sont présentées dans les premières pages du rapport pour illustrer le processus de recul des glaciers. (IPCC 2007 Cap 1, Box 1.1, pg. 87).

Suite à ces avertissements et aux aspects précédemment mentionnés, il est nécessaire d'effectuer une recherche appliquée permettant la vérification et l'estimation de l'ampleur de ce stress hydrique potentiel et de son impact sur les systèmes de provision d'eau potable ainsi que des variables affectant la gestion de la ressource hydrique.

Beaucoup d'aspects sont encore inconnus, comme le rôle des glaciers dans leur apport en eau au bassin versant, le stock glacier existant, le comportement des précipitations, l'apport total et potentiel en eau des bassins versants, les réserves en eau souterraine et l'impact de la démographie.

Considérant la GIRE comme une solution permettant de gérer les ressources en eau disponibles, il apparaît nécessaire de déterminer les bases nécessaires à son application en tenant compte des particularités du contexte du cas étudié.

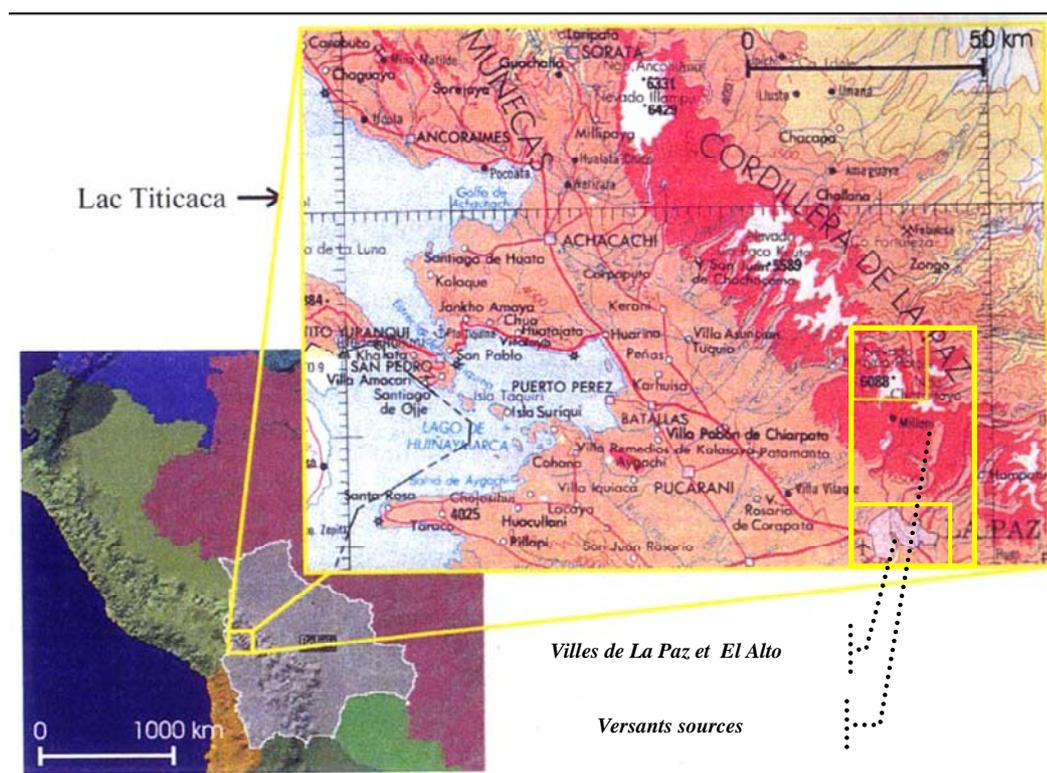
1.4 La Bolivie, La Paz et El Alto, contexte de la recherche

1.4.1 Situation géographique

La Bolivie est un pays situé au centre de l'Amérique du Sud, sa superficie atteint 1.098.000 km² (2 fois celle du territoire français et 35 fois celle de la Belgique). Elle présente une grande richesse de ressources et une diversité de climats et d'étages écologiques qui vont de Los Andes, à 6500 mètres d'altitude, à l'Amazonie, à 110 m, en passant par le plateau El Altiplano, à 4000 m (Montes de Oca I. 2005).

La partie altiplanique de la Bolivie (Figure 1.3), enfermée entre les Cordillères occidentale et orientale des Andes, est responsable du qualificatif d'andin attribué à la Bolivie en dépit du fait que cette partie altiplanique ne représente qu'un tiers de sa surface. Notre zone d'étude se situe dans cette région, du côté ouest, dans la Cordillère orientale aussi appelée Cordillère royale, à la frontière qui sépare l'Altiplano de la pente qui mène vers les vallées humides (vallées de production, Los Yungas) et surtout qui conduit vers l'Orient, vers l'Amazonie (Montes de Oca I. 2005).

Figure 1.3 : Localisation de la zone d'étude

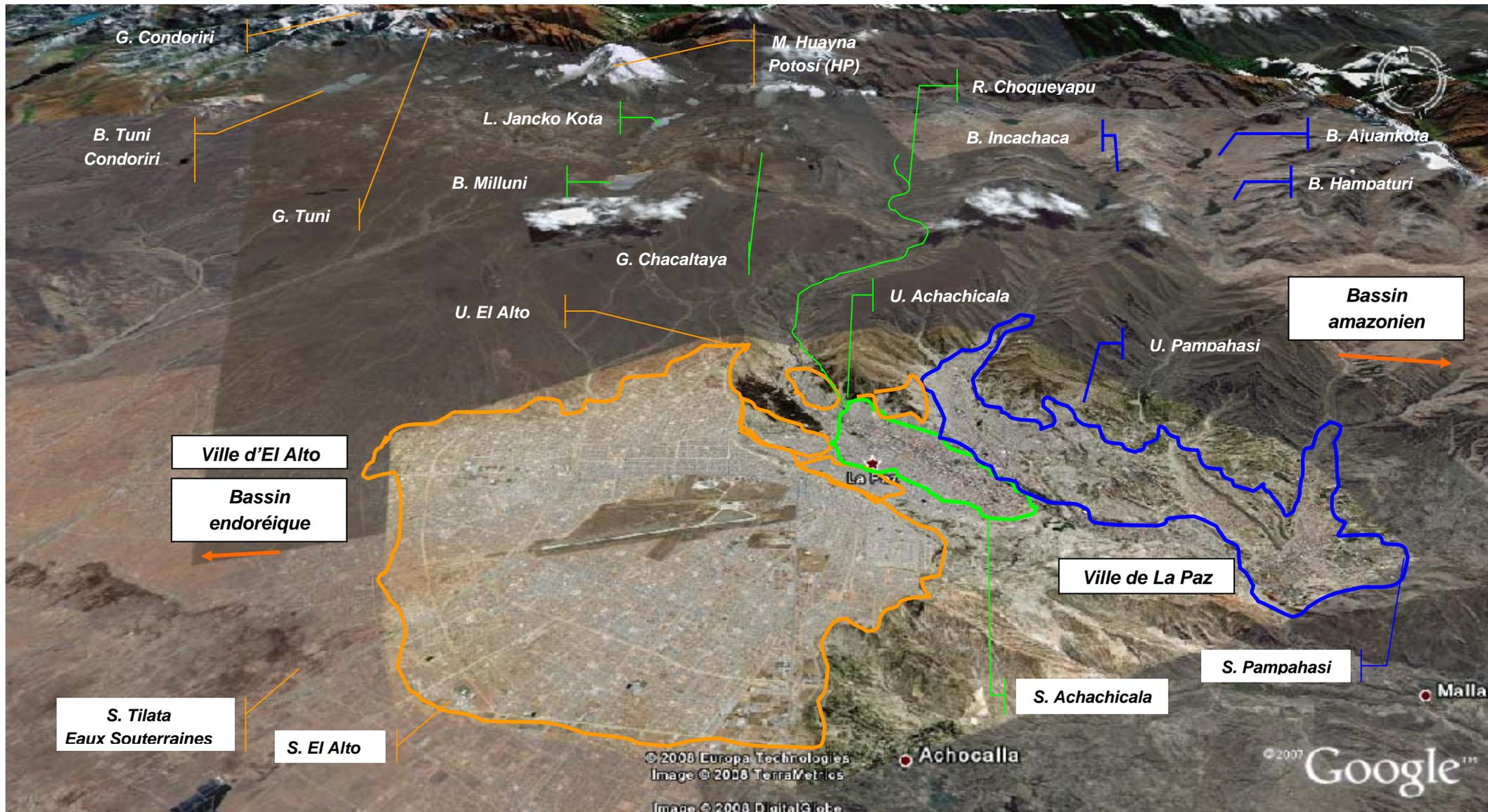


(Modifié de Caballero Y. 2001)

La Bolivie est considérée comme pays dit « en voie de développement », classée au 117^{ème} rang dans l'Indice de Développement Humain du PNUD (2007).

Le contexte spécifique de cette recherche se situe à l'ouest de la Bolivie. Il s'agit de l'agglomération urbaine qui comprend les villes de La Paz et El Alto, à la frontière de deux grands bassins de dimension continentale : d'une part la ville d'El Alto qui est située sur le plateau altiplanique et fait partie du bassin endoréique du Lac Titicaca et, d'autre part, la ville de La Paz construite dans la vallée du Choqueyapu, région appartenant au bassin amazonien. Deux caractéristiques essentielles doivent être soulignées : la latitude (16°S) de la Bolivie, qui lui donne un caractère tropical et la proximité de la cordillère des Andes où naissent la majorité des bassins de drainage, sources de l'eau consommée par ces deux villes.

Figure 1.4 : Villes de La Paz et El Alto et systèmes de distribution d'eau potable



En orange le Système d'El Alto, sa zone de service et ses sources ; en vert le Système Achachicala, et en bleu le système Pampahasi
 Ref: G: Glacier; B: Barrage; L: Lac; M: Montagne ; U: Usine de traitement des eaux ; S : Système, réseau de distribution d'eau potable
 Source : background: Googleearth

1.4.2 La gestion de l'eau à La Paz et El Alto

1.4.2.1 Situation actuelle

Contexte technique

Les villes de La Paz et El Alto, disposent de trois systèmes de distribution d'eau potable (Figure 1.4).

- 1° Le Système El Alto approvisionne la ville du même nom. Ses sources sont les barrages de Tuni et de Condoriri. Le sous-système Tilata contribue à une partie de la demande du système El Alto (près de 10 %), à travers *l'exploitation des eaux souterraines*.
- 2° Le Système Achachicala dessert le centre de la ville de La Paz. Son approvisionnement dépend du barrage Milluni et du captage d'eau de la rivière Choqueyapu.
- 3° Le Système Pampahasi pourvoit la partie sud de la ville de La Paz. Ses barrages d'approvisionnement sont Incachaca, Hampaturi et Ajuankhota.

Les caractéristiques de ces systèmes, de leurs composants, de leur service et de leurs bassins sources, sont détaillées aux Tableau 1.2, Tableau 1.3, et à la Figure 1.4.

Tableau 1.2 : Principales caractéristiques du service des systèmes d'approvisionnement d'eau potable

Système	Ville	Zone	Population desservie (*)	Altitude de service (masl) (**)	Débits			Pertes [%]	Consommation en eau [l/hab/jour]
					Fourni au réseau [m ³ /an]	Production en usine [m ³ /an]	Capacité maximale de service [m ³ /an]		
Achachicala	La Paz	Centre Nor-Ouest	208,100.00	3780-3430	16,256,735	20,301,300	31,536,000	19.92%	214.03
Pampahasi	La Paz	Sud-Est Est	319,228.00	3840-3280	18,931,455	23,652,000	22,232,880	19.96%	162.48
El Alto	El Alto La Paz	El Alto Pente Ouest	898,115.00	4240-3750	29,895,325	37,370,160	31,536,000	20.00%	91.20
Tilata (***)	El Alto	Sud-Ouest	228,900.00	4,200.00	3,218,935	4,020,840	4,415,040	19.94%	38.53

(*) Les service du reseau d'eau n'atteint pas les 100% de la population des deux villes.

(**): Altitude du niveau d'usine de traitement des eaux - Altitude représentative du réseau.

(***): Tilata est un sous système de El Alto, le seule qui a pour source des eaux souterraines

(Source : Base des données EPSAS 2008)

Bien qu'il existe une perception généralisée du fait que la production de l'eau dans les bassins versants alimentant les villes de La Paz et d'El Alto dépend des glaciers (*PNCC-PRAA 2007*), le Tableau 1.3 montre un rapport faible entre la taille du bassin et la superficie englacée. Ce rapport est proche de 4 % pour les bassins sources du système El Alto et de moins de 1 % dans les bassins sources des autres systèmes, ce qui dans un total pondéré représente moins de 1.5 % de surface englacée sur les bassins sources d'EPSAS.

Cet aspect révèle une éventuelle surestimation de l'importance de l'apport glaciaire dans la gestion de l'eau des villes de La Paz et El Alto (*PNCC-PRAA 2007*), en tenant compte des analyses de Pouyaud (2007;2005) qui montrent un rapport direct entre le taux d'englacement du bassin versant et l'importance de l'apport en eau provenant des glaciers.

L'importance de l'apport glaciaire dans le débit d'eau disponible dans les bassins versants englacés est un des sujets analysé et développé dans cette thèse. Ce volume reste une inconnue à résoudre pour bien établir les bases de la gestion.

Tableau 1.3 : Bassins versants source fournissant l'eau à La Paz et El Alto

Système	Bassin Versant		Source de Prélèvement (Barrage ou Rivière)	Glaciers		
	Bassin	Surface [Km ²]		Glacier	Surface [Km ²]	Taux d'englacement
Achachicala	Milluni	59.58	Milluni (B)	Huayna Potosí Sud 1	0.035	0.87%
				Huayna Potosí Sud 2	0.116	
				Charquini Sud	0.370	
					0.521	
	Choqueyapu	106.35 (a)	Choqueyapu (Ri)	Kuna Tikuta 1	0.074	0.21%
				Kuna Tikuta 2	0.090	
Wila Mankilisani				0.060		
Chacaltaya				0.000		
				0.224		
		165.93			0.745	0.45%
Pampahasi	Hampaturi	58.99	Hampaturi (B), Ajuankhota (B)	Serkhe	0.092	0.16%
				Mikhaya	0.000	
					0.092	
	Incachaca	33.75	Incachaca (B)		0.000	0.00%
		92.74			0.092	0.10%
El Alto	Condoriri	19.57	Condoriri (B)	Condoriri 1 (Lengua de Vaca)	0.450	8.91%
				Condoriri 2	0.068	
				Condoriri 3	0.432	
				Condoriri 4, Pico Tarija, La Ilusión	0.794	
					1.744	
	Tuni	17.15	Tuni-Condoriri (B)	Tuni 1	0.191	4.09%
				Tuni 2	0.245	
				Tuni 3	0.266	
					0.702	
	Huayna Potosí	50.39	Huayna Potosí (Ri)	Huayna Ouest	0.740	2.75%
				Saltuni 1	0.377	
				Saltuni 2	0.056	
Saltuni 3				0.118		
Saltuni 4				0.094		
				1.385		
		87.11			3.831	4.40%
		345.78			4.668	1.35%

(a): Surface du bassin jusqu'à point de contrôle des débits

(B): Barrage

(Ri): Rivière

Le tableau ci-dessus a été élaboré à partir des mesures effectuées sur le glacier, données de Soruco (2008), topographie et données récentes de GREATICE, cartes 1:50000 de l'Institut Géographique Militaire, Images satellitaires et photographies aériennes récentes.

Tableau 1.4 : Caractéristiques des barrages de régulation

Description	Barrage				
	Tuni	Milluni	Incachaca	Hampaturi	Ajuankhota
Année de construction	1978	1940	1990	1945	1994
Surface du lac de barrage: [km ²]	2.45	2.44	0.71	0.41	0.43
Niveau max. [masl]	4435	4532.7	4369.03	4203	4429
Volume effectif [hm ³]	21.5	10.8	4.2	3.2	3.5
Volume non profitable [hm ³]	9.10	1.39	0.3	0.06	0.1
Longueur niveau de crete [m]	110	132	357	374	332
Hauteur max. [m]	18.5	9.1	23.5	17	22

(Quisbert T, Base des données EPSAS, 2007)

Les données enregistrées de la pluviosité annuelle et de l'écoulement des bassins de la zone d'étude sont présentés aux Tableau 1.5 et Tableau 1.6.

Tableau 1.5 : Pluviosité annuelle, zone d'étude, par bassin versant (2000-08)

Année	Précipitation [mm]			
	Hampaturi	Incachaca	Tuni - Condoriri	Milluni
2000	549.26	763.27	666.44	528.20
2001	692.40	652.30	723.10	814.10
2002	713.36	664.70	658.30	767.70
2003	622.70	593.30	741.40	569.10
2004	513.60	501.40	526.31	304.60
2005	565.10	544.23	511.62	257.10
2006	650.60	641.70	713.00	462.10
2007	524.90	555.80	637.09	673.30
2008	554.00	553.70	536.43	538.10
Moyenne	598.44	607.82	634.85	546.03
Ecart-type	65.92	71.93	79.66	169.39
Min	513.60	501.40	511.62	257.10
Max	713.36	763.27	741.40	814.10

(Elaboration à partir des données SENAMHI, 2000-08)

Tableau 1.6 : Écoulement par bassin versant (2000-08)

Année	Écoulement [m ³]			
	Hampaturi	Incachaca	Tuni - Condoriri	Milluni
2000	19,373,872.21	8,823,757.40	25,009,364.93	16,211,438.07
2001	28,432,270.01	11,780,952.31	34,848,497.14	23,761,002.70
2002	21,983,372.09	8,074,099.58	30,177,402.59	24,158,464.95
2003	26,976,904.64	8,771,792.25	26,441,168.01	21,609,412.26
2004	24,804,286.03	7,083,263.65	28,644,837.54	3,373,273.62
2005	18,791,842.61	5,272,600.97	28,634,122.88	15,303,753.57
2006	28,521,348.10	9,555,676.87	39,837,328.21	20,436,395.72
2007	22,334,527.86	7,482,080.06	30,228,946.45	19,538,079.01
2008	20,301,678.68	9,744,794.43	29,305,525.96	18,088,542.32
Moyenne	23,502,233.58	8,509,890.84	30,347,465.97	18,053,373.58
Ecart-type	3,411,900.18	1,650,673.28	4,012,908.53	5,628,831.45
Min	18,791,842.61	5,272,600.97	25,009,364.93	3,373,273.62
Max	28,521,348.10	11,780,952.31	39,837,328.21	24,158,464.95

(Valeurs calculées à partir des registres de gestion de barrages d'EPSAS, 2000-08)

Des chapitres spécifiques sont consacrés à l'analyse des précipitations, de l'écoulement et à leur bilan. C'est pourquoi nous ne nous étendrons pas plus sur ce sujet dans la présente introduction.

Les données présentées aux Tableaux 1.2 à 1.6 sont la base des calculs et des analyses qui sont développés dans les chapitres suivants.

Contexte administratif

En Bolivie, l'administration responsable des questions relatives à l'eau est le Ministère de l'Environnement et de l'Eau (*MMAyA*). Il élabore sa politique selon les normes du Plan National de Développement (PND) de 2006 (*République de Bolivie 2006*). L'un des principaux principes de ce Plan est dénommé « Bien Vivre », il nécessite une politique concrète et stratégique de l'eau pour devenir réalité.

La compagnie Empresa Pública y Social del Agua y Saneamiento (EPSAS), autonome dans ses décisions, dépend de ce Ministère. Elle est responsable de la gestion de l'eau dans les villes de La Paz et El Alto depuis 2006, année où le gouvernement bolivien a résilié le contrat de concession au consortium privé Aguas del Illimani S.A. (AISA), filiale de La Lyonnaise des Eaux³, qui rendait ses services dans ces villes depuis 1997. Auparavant, SAMAPA (Servicio Autónomo Municipal de Agua Potable y Alcantarillado) assurait la gestion des ressources depuis 1985 et, antérieurement, la Commune de La Paz était responsable du service d'eau potable.

³ Entreprise française qui travaille dans le secteur de l'eau (www.lyonnaise-des-eaux.fr)

Notons d'abord que le contexte technique qui est le résultat des rapports publics et de l'information fournie par l'EPSAS, résume ainsi la situation : le Système El Alto rend service à plus d'un million d'habitants (voir chapitre 7), ce qui représente le double du service effectué par les deux autres systèmes de la ville de La Paz. Il est important de souligner que la ville d'El Alto présente la plus grande croissance démographique en Bolivie (3.5 à 4 %) (*INE 2001*) et que la production journalière de son usine de traitement est proche de sa production maximale.

Par ailleurs, les pertes réelles sont plus importantes que celles publiquement reconnues par l'EPSAS. Elles ont atteint 50 % à un moment donné dans le système d'El Alto (voir chapitre 6).

EPSAS est actuellement une entreprise de transition entre le modèle d'administration privée (comme AISA) et le nouveau modèle de type social que le gouvernement bolivien souhaite mettre en œuvre dans tout le pays (*Jaen E. 2004*). Ce nouveau modèle est supposé répondre à une conscience sociale, protéger ses utilisateurs et, en même temps, être une entreprise autonome et efficace dans son administration qui élabore ses propres nécessités d'opération et d'investissement.

1.4.2.2 Sources potentielles

Comme on vient de le mentionner au sous-titre précédent (contexte technique), les villes de La Paz et El Alto sont approvisionnées par deux types de sources d'eau, superficielles et souterraines, et leurs sources potentielles sont de nature similaire. Remarquons que les aspects sociaux jouent un rôle important dans l'utilisation des sources superficielles, et que l'analyse des aspects sociaux s'avère aussi primordiale que la quantification des sources.

En ce qui concerne les eaux souterraines, l'absence d'études sur les dimensions et le régime de l'aquifère de la zone d'El Alto, ne nous permet pas de déduire qu'elles constituent une ressource d'eau pouvant être prise en compte dans la gestion de l'eau d'une façon objective sans spéculation sur sa potentialité.

Eau superficielle

La planification du Plan Maestro a montré qu'il était nécessaire, pour des raisons de coûts, d'exploiter d'abord l'eau superficielle et, après avoir atteint la capacité des bassins versants, l'eau souterraine (*Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994*). Des sources potentielles ont été identifiées dans les bassins de Khullu Cachi, Janchallani, Jachawaquipiña, Chojlla Jipiña, Kellhuani, Palcoma et Chojña Khota (voir plus loin, la Figure 3.5).

La possibilité d'exploiter de nouveaux bassins versants est étroitement liée aux acteurs sociaux, c'est-à-dire aux habitants de ces bassins. Deux aspects jouent un rôle quant à la gestion des sources superficielles de La Paz et El Alto :

A. Les bassins versants qui se trouvent hors de la juridiction des villes de La Paz et El Alto sont occupés par des communautés pauvres qui, selon la loi bolivienne, ont la priorité sur l'exploitation des ressources hydriques des bassins et qui comptent sur ces ressources pour leur développement (*République de Bolivie, 2009*).

B. Les processus de concertation avec la population lors la conception d'infrastructure.

A. Bassins hors de la juridiction de La Paz et El Alto

Avant d'entrer dans l'analyse de cette situation, il est nécessaire de présenter brièvement l'organisation politico-sociale de la Bolivie qui nous permettra de comprendre les problèmes liés à l'utilisation de l'eau de nouvelles sources (Figure 1.5).

La compréhension de l'organisation politico-sociale bolivienne est importante puisque, dans le cadre de cette organisation, ce **sont les communautés** qui décident de donner les autorisations pour l'accès aux territoires, pour les différents projets et études de terrain et surtout pour l'utilisation des ressources territoriales.

En effet, ce sont les communautés qui occupent les bassins versants qui ont les droits et la priorité d'exploitation des ressources hydriques de ces bassins (*République de Bolivie 2006*). Leur droit est encore plus important que celui des sections ou des municipalités pour l'utilisation des ressources hydriques de leurs bassins versants.

Le cas de Huayna Potosí

Pour illustrer les problèmes posés par la juridiction politico-sociale de la source, prenons l'exemple du barrage de Tuni qui approvisionne El Alto (voir Figure 1.4). Ce barrage se trouve dans la municipalité de Pucarani, hors de la juridiction de la municipalité d'El Alto.

Figure 1.5 : Organisation politico-sociale de la Bolivie

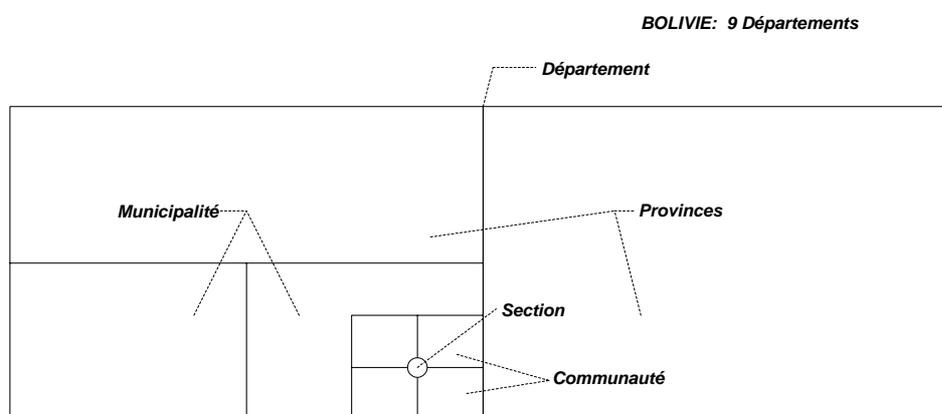


Schéma fait à partir de (PNUD 2005)

Les petites communautés de la municipalité de Pucarani qui se trouvent sur le bassin versant de Tuni, considèrent cette situation comme une intrusion puisque, de leur point de vue, El Alto prélève l'eau qui leur appartient **et qui pourrait servir à leur développement** (*Consultora Pirámide 2009*).

Ces communautés ont déjà proposé des projets de réservoirs afin d'avoir de l'eau potable et de pouvoir arroser leurs cultures (*GMP 2006*). Ces projets entreraient en conflit avec ceux de la ville d'El Alto (*Consultora Pirámide 2009*) du fait qu'ils comptent tous sur la même ressource : le bassin de Huayna Potosí.

Il apparaît donc un dilemme quant à savoir à qui revient l'eau ? A la ville d'El Alto, qui constitue l'une des villes les plus peuplées de Bolivie ? Ou aux communautés qui désirent assurer leurs besoins quotidiens et leur bien-être et qui, selon la loi, ont la priorité de l'exploitation ?

De plus comme nous l'avons déjà mentionné, le recul des glaciers a été identifié comme un problème potentiel de cette zone et qui engendrerait une diminution de la capacité d'apport du bassin versant (*PNCC-PRAA 2007*).

Les planificateurs ont considéré la possibilité de construire le barrage **Huayna Potosí** pour qu'il puisse opérer avec le barrage **Tuni** afin de diminuer les impacts du recul des glaciers, couvrir la demande croissante d'El Alto et fournir de l'eau aux communautés environnantes (*Consultora Pirámide 2009;PNCC-PRAA 2007*). Ce barrage pourrait offrir une solution afin d'augmenter la disponibilité d'eau dans le bassin et résoudre les conflits.

Un barrage peut augmenter la disponibilité en eau par sa capacité de régulation de la ressource seulement si cette ressource n'est pas exploitée jusqu'à sa limite. Malheureusement, la situation n'est pas celle-là puisque dans le cas d'El Alto, le besoin en eau de la ville est équivalent à la capacité des ressources du bassin versant ce qui pose évidemment un problème (voir chapitres 6 et 7).

Dans ce contexte, le Barrage Huayna Potosi pourrait devenir une source de conflits pour les attentes aussi bien des communautés que de la ville d'El Alto. Cette situation est également susceptible de provoquer un problème quant à l'usage du barrage Tuni qui est la source la plus importante d'El Alto.

A ce sujet, les communautés ont pris les devants et ont déjà menacé d'accaparer pour leurs besoins le barrage de Tuni (*Consultora Pirámide 2009*).

Cette situation se présente dans d'autres bassins voisins et montre l'importance de la participation de la société dans les prises de décisions sur l'usage de l'eau.

B. Processus de concertation pour la conception et la construction d'infrastructures

Depuis 1993, en Bolivie, la loi détermine que la participation de la population dans la formulation, l'acceptation, la conception et le contrôle de projets est obligatoire (*Loi No 1551: Participación Popular 1993*). Ce concept a pris de plus en plus d'importance ces dernières années.

La loi a voulu satisfaire la revendication des petites communautés qui, avant sa promulgation, étaient ignorées et devaient accepter la décision du gouvernement central. Les décisions du gouvernement central étaient imposées aux petites communautés, avec des promesses de développement, lesquelles ne se concrétisaient pas dans la majorité des cas. C'est pourquoi il existait une certaine méfiance vis-à-vis de tout ce qui était proposé ou imposé par le gouvernement local, départemental ou national. Actuellement, non seulement ces communautés entrent en jeu dans le processus de décision, mais elles le conditionnent.

Tenant compte de ce contexte et de l'expérience des 3 projets récents sur les bassins de Hampaturi (*Rivera & Añez 2009*), Huayna Potosi (*Consultora Pirámide 2009*) et Choqueyapu (*CAF 2010*), nous devons considérer que deux conditions sont indispensables du point de vue social pour le démarrage d'un projet :

- 1) ***Demande à la communauté de l'autorisation d'étudier le projet*** : Cela se fait par la présentation du projet à toute la communauté. Sans cette permission, aucune étude ne peut être entamée, puisque les habitants empêcheront les chercheurs ou les techniciens d'entrer dans la juridiction pour faire leurs études. Lors de la réunion avec les habitants, on leur demande de se prononcer et de faire des suggestions pour optimiser la prise de décision.
- 2) ***Compensation au moment de la construction*** : Pendant ce processus, il est nécessaire de prévoir la compensation aux propriétaires des terrains où l'on construira les infrastructures.

Les démarches traînent parfois à cause du manque de précision des limites des propriétés et du fait qu'il peut exister plusieurs propriétaires pour un seul terrain. Par ailleurs, les tarifs de compensation, calculés au moment de l'élaboration du projet, grimpent au moment de la construction puisque les propriétaires en tirent le plus grand profit possible. Dès lors, le coût du projet grimpe aussi.

Ce processus de demande d'autorisation et de compensations, quand il arrive à bon terme, prend un temps précieux qui n'est pas pris en compte dans la planification du projet.

Quand les démarches sont paralysées, il est absolument indispensable de reformuler le projet et de demander l'intervention d'une instance administrative à un niveau supérieur pour essayer d'avoir une autre opportunité de demande d'autorisation aux communautés.

Voici quelques exemples des résultats que les responsables des projets des barrages de Huayna Potosí, Hampaturi et Kaluyo ont obtenus lors des entretiens et enquêtes avec les communautés des bassins versants :

- *Dans le cas de Huayna Potosí, la communauté s'est montrée méfiante, car elle soutient son propre projet. Les membres de la communauté ont menacé de prendre à leur charge et pour leurs besoins le barrage de Tuní (Consultora Pirámide 2009).*
- *Dans le cas de Hampaturi, le processus a été rapide, mais le projet fut remis en question au moment de négocier et d'évaluer les compensations, à cause du nombre important de personnes qui ont réclamé le droit d'être indemnisées pour les terres qui allaient être occupées par le barrage.(Rivera & Añez 2009).*
- *Dans le cas de Kaluyo, la communauté a refusé d'autoriser l'entrée des techniciens dans la zone de projet. On reste dans l'attente d'une seconde décision.*

Dans ce cas particulier, la zone est déclarée Terre Communautaire d'Origine (TCO), c'est-à-dire qu'elle appartient à une population originaire, qui d'après la loi bolivienne, a encore plus de priorité pour utiliser les ressources de son territoire. Le barrage occuperait une partie des terrains du TCO. La décision de la communauté définira si le barrage se construira ou non en dépit de l'avis des autres habitants des villes de La Paz et d'El Alto qui pourraient bénéficier de ce projet. (CAF 2010)

Dans tous les cas, la participation des communautés voisines de la source exploitable est absolument nécessaire. Il faut également tenir compte du temps que prend ce processus de concertation pour l'usage des nouvelles sources d'eau.

Eau souterraine

Bien qu'on exploite déjà des eaux d'origine souterraine (sous-système Tilata), on ne connaît pas la capacité de l'aquifère duquel on prélève les eaux. En 1990, quand l'entreprise de l'eau a démarré le pompage de l'eau, les études effectuées se limitaient à déterminer la capacité d'extraction et l'abattement superficiel de la nappe. Aucune quantification de l'aquifère n'a été réalisée jusqu'à maintenant. Il est tout à fait paradoxal que le plan stratégique de l'eau (*Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994*) considère les eaux souterraines comme les réserves stratégiques d'El Alto, alors que le potentiel d'exploitation de l'aquifère n'est pas connu.

Actuellement, une équipe du SERGEOTECMIN (Service Géologique Technique et des Mines), en association avec l'EPSAS, poursuit une recherche sur cet aquifère, recherche qui a débuté en 2009 suite à la probabilité de manque d'eau dans la ville d'El Alto. On prévoit des résultats préliminaires de cette quantification, en 2011, et les résultats finaux à la fin de l'année 2013 (*Cortez R. 2009*).

Les informations suivantes ont été obtenues grâce à la coopération des ingénieurs Rafael Cortez de SERGEOTECMIN et Tomás Quisbert d'EPSAS.

Le Système Tilata dispose de 30 puits, avec une moyenne de production de 42 m³/heure chacun, bien que leur capacité soit plus grande (50 m³/heure chacun). Les données actuelles de production, en tenant compte des puits qui ne sont pas en activité, consistent en une utilisation de moins de 50 % de leur potentiel. Cela est moins dû à la réduction du niveau phréatique qu'à des problèmes de type technique dans les puits (ex. : filtres usés, manque d'entretien).

Un plan d'urgence (pour augmenter le volume d'eau pour El Alto) prévoit la création de quelque 15 puits additionnels et la réadaptation de 5 puits actuels.

Les premières études estiment que l'aquifère s'étend sur plus de 500 km², avec une profondeur moyenne de 50 m, ce qui susciterait de grands espoirs pour son utilisation. Toutefois, il est trop tôt pour avoir des données sur sa porosité, sa capacité et son potentiel. Par ailleurs, on ne connaît pas son régime.

En résumé, l'exploitation de l'aquifère a été réactivée pour des raisons d'urgence même si l'on ne connaît pas son potentiel, sa dynamique et ses limites (*Communication personnelle Quisbert T. EPSAS, 2009*) (*Cortez R. 2009*).

1.4.3 Vulnérabilité géographique et menaces potentielles

Les trois systèmes d'approvisionnement d'eau potable manquent de complémentarité entre eux dû au fait que leur interconnexion est limitée. Cela signifie que si l'un des systèmes a des difficultés, les possibilités que les autres puissent prendre en charge le service sont fortement limitées. (*Communication personnelle Quisberth T., EPSAS 2007*).

Cette situation est due aux grandes différences d'altitude des systèmes d'approvisionnement (voir Tableau 1.2, Altitude de service), à la topographie de ces villes et à la position relative des usines de traitement d'eau, qui compliquent l'interconnexion de leurs réseaux.

Le manque d'interconnexion dénote une vulnérabilité potentielle dans le cas où l'un des systèmes fonctionne mal. Cette situation s'est déjà présentée durant l'année 2008 quand la canalisation conduisant l'eau du barrage Hampaturi à l'usine de traitement de Pampahasi, s'est rompue. Cet incident a été la cause d'une pénurie d'eau et de son rationnement dans le réseau de ce système (*La Razón 2008*). Dans ce cas, c'est le relief qui conditionne l'infrastructure du service et de ses réseaux.

D'autre part, la société bolivienne et surtout celle des villes de La Paz et El Alto, est consciente de la menace du changement climatique qui va influencer la disponibilité de la ressource hydrique dans l'avenir. Le recul des glaciers se retrouve commenté périodiquement dans les médias (*El Diario - La Prensa - La Razón 2007-2009*) avec une connotation alarmante. En 2007, à travers le Programme National de Changement Climatique (PNCC), le gouvernement bolivien a élaboré un Projet d'Adaptation au Changement Climatique qui ultérieurement en 2008 s'est transformé en Projet d'Adaptation au Rapide Retrait des glaciers (PRAA) (*PNCC-PRAA 2007*).

1.4.4 Sensibilité sociale par rapport aux ressources naturelles

Comme on l'a déjà commenté dans les sous-titres précédents, la loi exige en Bolivie que tous les projets soient effectués avec l'approbation des bénéficiaires pour que ceux-ci prennent part à leur mise en œuvre, leur exécution et leur contrôle. (*Loi No 1551: Participación Popular 1993*).

C'est la raison pour laquelle, on note une grande participation de la population bolivienne dans les décisions relatives à ces projets. De plus, la société bolivienne manifeste une grande sensibilité quant à la disponibilité de ses ressources naturelles. On a pu constater cela en avril 2000 lors de ce qui fut appelé la « Guerre de l'eau à Cochabamba » (*Poupeau F. 2002*) où l'entreprise privée « Aguas del Tunari » a été expulsée du pays pour avoir voulu augmenter les tarifs du service d'eau potable, ce qui a déclenché un soulèvement populaire violent de la population de Cochabamba.

Un cas similaire, mais moins violent, a été celui de « Aguas del Illimani S.A (AISA) » où l'état bolivien a résilié son contrat des concessions des ressources d'eau de La Paz et d'El Alto sur demande de la population qui n'était pas d'accord avec le service et les investissements faits par AISA (*Toussaint E. 2005*). Comme conséquence, l'entreprise d'eau AISA a été expulsée de Bolivie.

On peut mentionner aussi « La guerre du gaz » (octobre 2003) qui s'est produite à La Paz à la suite de l'intention du président bolivien de l'époque d'exporter le gaz naturel vers les Etats-Unis via le Chili.⁴, (Davila R. 2008;Torrice E. & K. Herrera 2007;Webber J. 2005). La population n'a pas accepté cette voie d'exportation et a manifesté violemment dans les rues. Comme conséquence, le président Sanchez de Lozada a démissionné.

La population d'El Alto a été le principal protagoniste des manifestations et des soulèvements dans le cas de l'expulsion d'AISA et de la guerre du gaz.

Bien que les guerres dénommées du gaz et de l'eau répondent à des conjonctures beaucoup plus compliquées que la sensibilité du Bolivien à ses ressources (puisque'il faut prendre en compte la situation politique du moment et les intérêts engendrés par le sujet) (Webber J. 2005), il est indéniable que le moteur principal de la mobilisation populaire a été cette sensibilité ainsi que le sens de participation du citoyen dans les décisions concernant les ressources naturelles.

Les problèmes mentionnés, combinés à la perspective d'un futur stress hydrique, font de la Bolivie l'un des pays sujets aux conflits dus aux ressources naturelles comme nous l'indique la carte ci-dessous. Dans le cas bolivien, l'eau a été et est toujours le moteur principal de conflit (Figure 1.6).

Figure 1.6 : Des conflits liés à l'environnement et aux ressources naturelles jusqu'en 2005

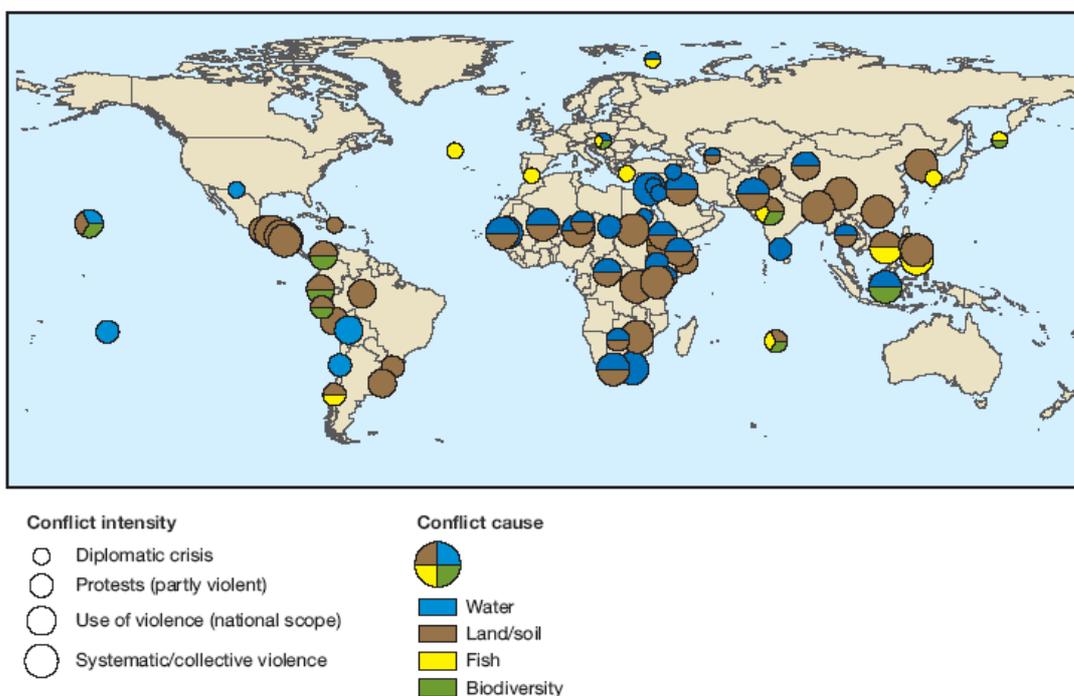


Figure 3.2-1
World map of environmental conflicts (1980–2005): Causes and intensity.
Source: Carius et al., 2006

(WBGU 2007)

1.4.5 Situation actuelle de la planification

Planification de la gestion

Actuellement, la planification de la gestion des ressources hydriques et de leur infrastructure est basée sur un Plan stratégique appelé « Plan Maestro » de l'eau potable de la ville de La Paz (Lahmeyer International - GITEC - TECNOSAN-SICO 1994). Ce plan est périodiquement révisé par l'administrateur de l'eau pour fixer les mesures et les projets à effectuer.

⁴ Depuis 1879, la Bolivie a une relation très conflictuelle avec le Chili suite à la guerre qui a eu lieu entre ces deux pays cette année-là et au cours de laquelle les Boliviens ont perdu leur accès à l'océan Pacifique.

Toutefois, cette révision répond aux nécessités immédiates de la population et a cessé, depuis longtemps, d'être une planification structurée à long terme. Ce *Plan Maestro* qui devait être un instrument guide pour l'investissement et la gestion de l'eau potable n'a pas été exécutée comme prévu lors de son élaboration. Le concept de planification stratégique a donc été dilué dans le temps. EPSAS est consciente de ce problème et, depuis 2009, la compagnie cherche des fonds afin de rédiger un nouveau Plan Maestro pour les villes de La Paz et El Alto. (*Communication personnelle Rico V. Directeur général d'EPSAS, 2009*).

Soulignons certains aspects du Plan Maestro et des situations qui se sont présentées ces dernières années concernant la planification de la gestion de l'eau et qui ont influencé la situation actuelle de la gestion de la ressource hydrique :

- *Le Plan Maestro proposait initialement l'utilisation des sources d'eau superficielles, afin de laisser en réserve les sources d'eau souterraines puisqu'en terme économique, l'exploitation d'une nappe aquifère représente un coût additionnel. Malheureusement, ce choix a réduit à néant les recherches sur la quantification des réserves souterraines. Elles viennent seulement d'être entamées et sont menées par le Service Géologique et des Mines bolivien (SERGEOTECMIN) avec l'appui économique et technique de l'Agence de Coopération Catalane⁵.(Cortez R. 2009).*

- *La croissance de la ville d'El Alto est plus importante que celle prévue initialement dans le Plan Maestro (INE 2001).*

- *Le Plan Maestro n'a pas été exécuté comme prévu, parce qu'il a fallu donner la priorité à des mesures en fonction des nécessités immédiates de la population et de la disponibilité des fonds. Ces priorités n'ont pas été planifiées par le Plan Maestro.*

- *La stratégie du Plan a été remise en question, puisque ses auteurs n'ont pas prévu les besoins réels de financement et les priorités dans la gestion de l'eau. Cette situation révèle une caractéristique typique d'un pays en voie de développement, qui bien qu'ayant un document de planification établi, doit donner la priorité à d'autres mesures en fonction des nécessités immédiates (Communication personnelle Franco A. SISAB 2007).*

- *Le Plan n'est plus à jour parce qu'il ne reflète pas la conjoncture actuelle de sensibilité du citoyen par rapport à la ressource hydrique, pas plus que les menaces potentielles comme le changement climatique (Communication personnelle Franco A. SISAB 2007).*

- *Dans le cadre de la sensibilité du citoyen à l'utilisation de ses ressources, le Plan Maestro ne prend pas en considération la problématique que peut susciter l'utilisation de sources qui se trouvent dans une autre juridiction municipale (ce qui est le cas des futures sources d'eau superficielles) ou l'emplacement de certains ouvrages nécessaires pour améliorer l'exploitation de l'eau. Dans certains cas, ces ouvrages se trouvent en amont de petites communautés qui ont besoin de cette ressource sur laquelle elles comptent comme moyen de développement. (Communication personnelle Franco A. SISAB 2007).*

Bien que le Plan Maestro n'ait pas été exécuté comme prévu depuis sa mise en application et que, dès lors, il a perdu sa mission stratégique, il reste malgré tout un document de référence pour la planification.

⁵ Agence de Coopération pour le développement : (www20.gencat.cat/portal/site/cooperaciocatalana)

1.5 L'analyse des variables, processus et aspects particuliers de la gestion, une voie pour chercher les bases de la GIRE

Dès les premières enquêtes de cette thèse sur la gestion de l'eau potable à La Paz et El Alto, nous nous sommes rendu compte que plusieurs variables, processus ou aspects de la gestion de l'eau présentent des incertitudes quant à leur influence sur la disponibilité ou le besoin en eau.

Pour analyser les incertitudes de la GIRE, Van der Keur (2008) en distingue deux types :

Incertitude ontologique : due à la variabilité inhérente du système.

Incertitude épistémique : due à la connaissance imparfaite du système.

L'incertitude épistémique peut être réduite grâce à une meilleure connaissance et compréhension du système, ce qui n'est pas le cas de l'incertitude ontologique.

Des aspects comme le rôle des glaciers, les changements potentiels de régime pluviométrique (à cause du changement climatique), l'influence des variables démographiques ou de la sensibilité du citoyen par rapport à la ressource dans les décisions à prendre, constituent des incertitudes épistémiques quant à leur influence dans la gestion de l'eau de La Paz et El Alto.

Ces incertitudes posent de nombreuses interrogations dont on espère obtenir une réponse de la part de l'administrateur de l'eau. Toutefois, EPSAS n'a pas la capacité d'y répondre à cause des limites opérationnelles de l'administrateur et de l'institution technique. Les réponses à ces différentes problématiques doivent dès lors être trouvées par des chercheurs.

Cette situation, mêlée aux aspects liés à la vulnérabilité géographique de notre scénario d'étude et à la sensibilité sociale des Boliviens quant à l'utilisation de leurs ressources, nécessite des notions de guide pour gérer stratégiquement l'eau, non seulement pour arriver à une gestion optimale de cette précieuse ressource, mais aussi pour éviter des conflits de type sociaux à l'avenir.

Nous proposons dès lors d'aborder le sujet de la gestion et des besoins pour la mettre en route, à travers l'analyse de ses variables principales.

1.6 Objectifs de la thèse, hypothèses et méthodologie de travail

1.6.1 Objectifs

Objectif général

L'objectif de cette thèse est de déterminer les bases pour l'application de la GIRE à la Gestion de l'eau potable des villes de La Paz et d'El Alto au moyen de la recherche et de l'analyse des variables qui jouent un rôle dans la gestion de l'eau tant du côté de l'offre que de la demande.

L'analyse des variables de la gestion a comme objectif de mettre en rapport et de comparer l'importance relative de chaque variable étudiée dans le cadre de son rôle dans l'offre et la demande d'eau

L'objectif de la détermination des bases consiste à passer de la théorie à la pratique de la GIRE afin d'offrir des options de solutions au problème réel et vital pour la Bolivie, étant donné que l'on analyse l'avenir de la gestion de l'eau potable de deux de ses villes les plus importantes.

Hypothèses

- A. *Approfondir la connaissance et diminuer les incertitudes qui existent sur le comportement des variables les plus importantes jouant un rôle dans l'approvisionnement en eau potable des villes de La Paz et d'El Alto constitue la première étape réelle et pratique pour l'application de la GIRE.*

- B.** Il est nécessaire de connaître la situation actuelle de la gestion de l'eau de manière à pouvoir fixer un point de départ qui permettra ensuite de déterminer les influences additionnelles de problèmes comme le changement climatique et les changements de régime pluviométrique.

Cette thèse ne prétend pas faire une analyse de toutes les variables qui jouent un rôle dans la gestion de l'eau, ni faire une recherche approfondie sur chacune d'elles.

C'est ainsi que nous avons fixé comme limite de notre travail, l'analyse de chaque variable choisie, jusqu'à ce qu'elle puisse nous fournir les données nécessaires permettant de faire une étude comparative et de contexte qui puisse servir à établir les bases de la gestion.

Objectifs spécifiques

1. Déterminer l'importance relative des quelques variables clés influençant la gestion de l'offre et de la demande en eau

Hypothèses

- *En connaissant l'importance relative des quelques variables clés et de leur marge de variation, il sera possible de procéder à l'évaluation des ressources hydriques dont on dispose.*
- *Il sera possible d'établir leur importance relative pour la mise en route de la GIRE et pour la prise de décision de la planification de l'eau.*
- *On pourra également connaître la demande en eau de la population et sa variabilité dans le temps.*
- *Dans les deux cas (offre et demande), il sera possible d'établir ces marges de variation dont la gestion doit tenir compte.*
- *On pourra faire un diagnostic des systèmes d'eau potable pour établir leurs vulnérabilités. Le diagnostic des systèmes est la base qui permettra d'estimer les impacts et influences des problèmes additionnels comme le changement climatique.*

2. Elaborer des instruments pratiques pour la gestion de l'eau

Hypothèse

L'analyse des variables proposée nous fournira des instruments pour la gestion de l'eau, tant pour la planification de la stratégie de l'eau que pour la prise de décisions relative à la gestion quotidienne de l'eau.

3. Déterminer les temps de la gestion (dates clés de la gestion)

Hypothèse

Lorsque les seuils de variation des variables clés de la gestion de l'offre et la demande seront connus, il sera possible de déterminer les dates critiques pour la prise de décisions de la gestion en faisant un bilan d'offre et demande d'eau dans les limites de variation identifiées.

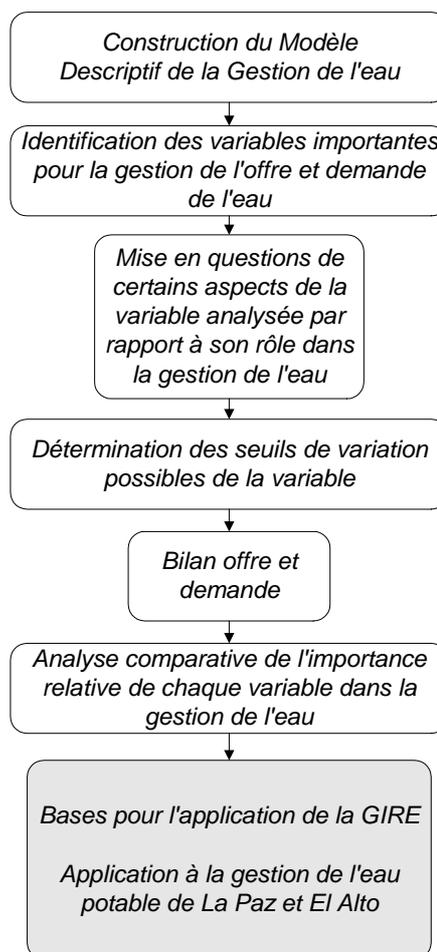
4. Déterminer le mode de gestion

Hypothèse

A partir des éléments antérieurs, les bases de la GIRE pourront être élaborées afin de canaliser la gestion de l'eau.

1.6.2 Méthodologie

Notre recherche se base essentiellement sur l'analyse des aspects, variables et processus qui jouent un rôle dans la gestion de l'eau potable des villes de La Paz et El Alto. Cette analyse nous permet de déterminer les bases pour l'application de la GIRE. La méthodologie employée est résumée à la Figure 1.7.

Figure 1.7 : Méthodologie de recherche

D'abord, nous proposons la construction d'un modèle qui tente de décrire la gestion de l'eau potable à La Paz et El Alto à partir de la mise en rapport des variables qui jouent un rôle tant dans l'offre que dans de la demande en eau. A partir de ce modèle, il est possible d'identifier les variables importantes pour la gestion de l'offre et de la demande en eau.

Pour déterminer les variables qui seront analysées, il a été décidé de donner la priorité à la recherche sur celles que l'on considère comme fondamentales, telles que les glaciers, l'input des systèmes (précipitations), les interactions hydrologiques dans le bassin versant ainsi que les composants de la demande en eau.

Chaque variable ou groupe de variables est analysé grâce à une investigation critique des valeurs de références et de leur rôle et influence dans la gestion de l'eau. A cette fin, au début de l'analyse de chaque variable, on pose des questions qui permettront d'établir son rôle et son influence dans la gestion et de répondre aux objectifs de la thèse.

L'analyse des variables nous sert à les connaître et à identifier les rapports qui existent entre elles. On détermine également les marges de variabilité ou d'incertitude de ces variables. Le bilan de l'offre et de la demande est le mécanisme que nous avons choisi pour les mettre en rapport et déterminer leur importance relative dans la gestion de l'eau.

Comme résultat, nous obtenons le diagnostic des systèmes, leur vulnérabilité ainsi que la détermination de l'importance relative de chaque variable et en conséquence les bases pour l'application de la GIRE.